

ランドサット・データによる 昭和57年 7 月豪雨災害の調査

後 藤 恵之輔*

Investigation of Natural Disaster due to the July 1982 Heavy Rainfall in the Western and the Central Kyushu, Japan, Using Landsat Data

by

Keinosuke GOTOH*

The heavy rainfall which occurred in July, 1982 brought about natural disaster and subsequent serious damage over the western and the central Kyushu in Japan; particularly debris flows and slope failures on 23rd to 24th July in Nagasaki, and farm submergence on 23rd to 25th July in Kumamoto. This paper investigates these natural disaster in both areas of Nagasaki and Kumamoto through the remote sensing technique. Remote sensing data used for investigation were obtained with the Multispectral Scanner (MSS) and the Return Beam Vidicon (RBV) cameras on board Landsat-3. These data are analyzed analogly for the disaster in Nagasaki and digitally for that in Kumamoto, respectively. It follows that manual interpretation of MSS and RBV imageries obtained before and after the disaster is capable of detecting a debris flow and a slope failure, and that binary classification of MSS data obtained after the disaster, using a computer-compatible tape (CCT), succeeds in mapping of flooded zone and calculation of its area.

1. まえがき

昭和57年 7 月に九州を襲った豪雨は、長崎において未曾有の災害をもたらすとともに、熊本を初めとする各地にも田畑の冠水など多大の被害を与えた。このいわゆる昭和57年 7 月豪雨による災害については、既にいくつかの報告書等が発表されているが、ここでは人工衛星によるリモートセンシング・データを用いて本災害の状況調査を試みたので報告する。

災害調査に適しかつデータを容易に入手し得る人工衛星としては静止気象衛星GMS（通称ひまわり）と陸域観測衛星ランドサット(Landsat)がある。前者は災害時の気象状況の把握に、後者は地上の被災状況の

調査にそれぞれ用いることができる。観測周期は静止衛星であるGMSが平均3時間であるのに対して、ランドサットでは18日（3号の場合）と長期に及ぶ。したがって、ランドサットによるデータを用いて災害調査を行うには、この観測周期の長いことが難点である。しかし、昭和57年 7 月豪雨災害については、災害発生後1週間目に観測、データ取得という機会に恵まれた。

本文は昭和57年 7 月豪雨災害のうち、長崎の土石流、斜面崩壊等土砂災害と熊本の冠水災害とを取り上げる。両地の災害について、ランドサット・データの解析により、それぞれ土砂崩壊地を確認し、冠水地の分布と面

昭和58年 4 月30日受理

* 土木工学科 (Department of Civil Engineering)

積を求めるものである。

2. ランドサットの概要

ランドサットは主として陸域関係のデータを収集する代表的な衛星であり、現在4号までが打ち上げられている。1号が1972年7月に、2号が1975年1月に、3号が1978年3月に、そして1号以来ちょうど10年目の1982年7月に4号がそれぞれ打ち上げられた。このうち1号と2号は既に機能を停止し、現在は3号と4号が稼動中である。搭載センサや軌道要素等については、1号～3号と4号とではかなり異なるが、ここでは調査に用いた3号を対象として説明することとする。

ランドサット3号の外観図をFig.1に、要目および軌道要素をTable1にそれぞれ示す。ランドサットでは、観測機器によるデータ取得の効果的機能を発揮し

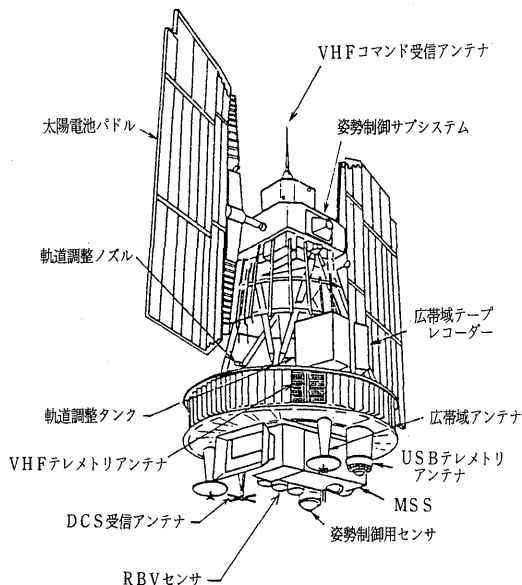


Fig. 1 Landsat-3 observatory configuration¹⁾.

Table 1 Dimensions and orbital parameters of Landsat-3.

衛星要目		軌道要素	
重量	953kg	高度	913km
全長	3.04m	半長軸距離	7,285.82km
直径	1.52m	軌道傾斜角	99.114度
太陽電池板の面積	3.96m ² (全体)	周期	103.267分
		離心度	0
		降交点	9:30 A.M.
		回帰周期	18日 (251回転)
		地表での軌道間隔	159.38km (赤道部)

得るために、円形の準極軌道で平均太陽時午前9時30分に赤道を北から南へ通過する太陽同期準回帰軌道が採用されている。衛星はこの軌道によって約103分で地球を一周し、1日に約14周まわって18日間で全地球の観測を終了する。これにより、地球上の同一緯度の地域を18日毎、同じ時刻（地方平均太陽時）に繰り返し観測することができる。

ランドサット3号に搭載のセンサとしては、マルチスペクトル・スキャナ (MSS = Multispectral Scanner) とリターン・ビーム・ビジコン (RBV = Return Beam Vidicon) カメラがある。

MSSはFig.2に示すように、軌道に垂直に100海里すなわち185.3kmの幅で地表を連続的に走査するセンサである。走査は振動鏡により衛星の進行方向に直角に西から東へ行い、衛星の進行に伴って北から南へ順次地表データを取得していく。

ランドサット3号のMSSでは、従来の可視・近赤外領域の4つの波長域（バンド4～7）に加えて、熱赤外領域（バンド8）も検出できるようになっていた。しかし、このバンド8は打ち上げ以来不調で1979年3月に運用を停止した。Table2に各バンドの波長域と

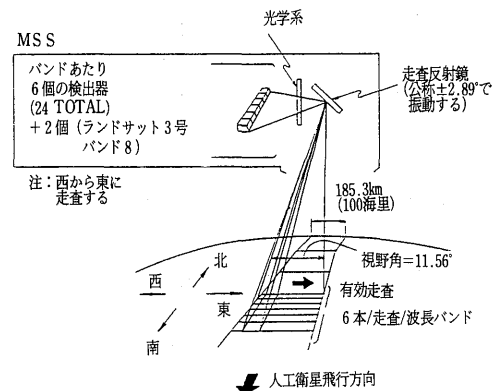


Fig. 2 Multispectral scanning arrangement¹⁾.

Table 2 Spectral response of Landsat-3 MSS and RBV cameras.

センサ	バンド	帯域幅 (μm)		分解能(m)
MSS	4	可視域	0.5~0.6	79
	5		0.6~0.7	
	6		0.7~0.8	
	7	近赤外域	0.8~1.1	79
	8*	熱赤外域	10.4~12.6	237
RBV		可視域	0.505~0.750	40

* 不具合のため1979年3月に運用停止。

分解能を示す。バンド4～7の各検出器の公称分解能は79mであり、バンド8のそれは237mである。振動鏡が西から東へ走査するときのみ観測が行われ、バンド4～7の各検出器6個分のデータとバンド8の検出器2個分のデータが得られる。振動鏡が元の位置に戻る時には、1回おきに校正用の光源を観測して、校正用データが送信される。

他の一つの観測機器であるRBVは、地表の高解像度画像を得るために用いられるセンサである。ランドサット3号に搭載されているRBVカメラは、連続した露光により隣接した画像を作成できるように、衛星の進行方向に沿って2台が前後に傾けて配置されている。2台のカメラは0.505～0.750 μ mの同じ可視光波長帯に感度を持つ。

Fig. 3に示すように、各カメラにより撮影される画像は185km四方の約1/4すなわち98km×98kmの範囲であり、軌道方向に16kmのオーバーラップ、軌道と直角方向に13kmのサイドラップがある。2台のカメラはそれぞれ12.5秒間隔でシャッタを開閉して画像を得るので、結局25秒毎にMSSと同じ区域の観測を終えていくことになる。このRBVカメラによる撮影範囲(RBVサブシーン)とMSSによるそれ(MSSシーン)の関係をFig. 4に示す。なお、RBVカメラによる分解能はMSSのほぼ2倍の40mである(Table 2参照)。

3. 長崎土砂災害の調査

3. 1 調査方法

ここにいう土砂災害の調査は、土石流や山崩れなど

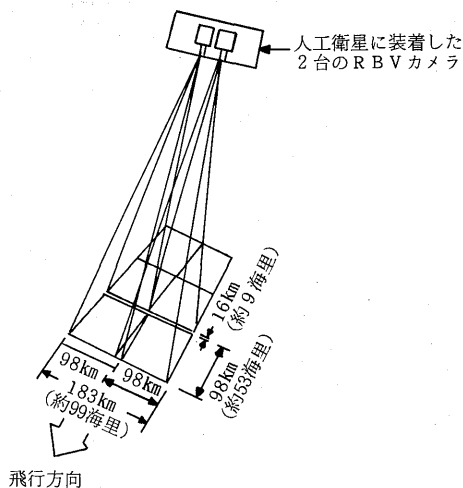


Fig. 3 Scanning pattern of the RBV cameras on Landsat-3¹⁾.

の土砂崩壊地の分布を人工衛星のデータにより確認することである。そのためのランドサット・データの解析は、アナログ解析によった。この方法は写真やフィルム、あるいは画像処理装置に出力した画像を判読するものである。入手したランドサット・データはMSSデータとRBVデータであるが、解析には前者についてCCT (Computer-Compatible Tape) を、後者について白黒写真(240mmネガフィルム)をそれぞれ用いた。

解析手順はFig. 5に示すとおりである。①MSSによるCCTを画像処理装置にかけ(RBVについては白黒写真を拡大する)、②解析領域を設定して画像判読を行う。③この操作を災害前後のデータについてそれぞれ行い、④判読結果を比較することにより土砂崩壊地を確認する。

解析に用いたランドサット・データをTable 3に示す。災害後のデータは、MSS、RBVそれぞれ被災後1週間目の1982年8月1日、7月31日に観測されたものである。これと比較する災害前のデータには、できるだけ時期を同じくする必要があるため、MSSについては1979年8月8日観測のもの(災害直前や1980、

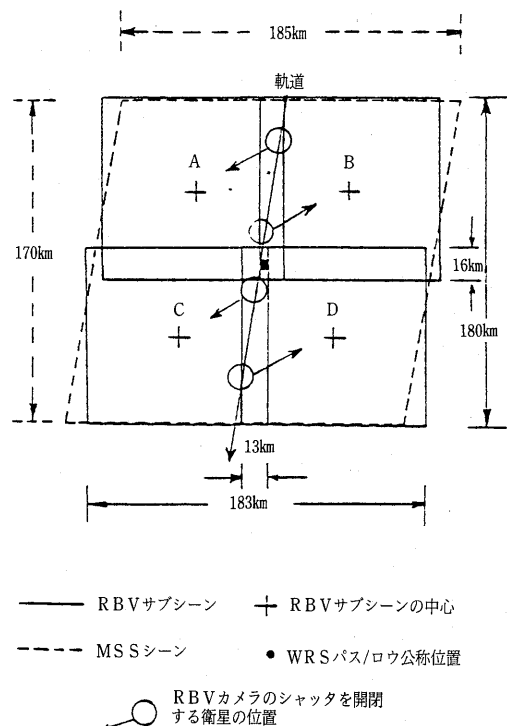


Fig. 4 Coverage of the Landsat-3 RBV system showing RBV coverage for one Landsat MSS scene¹⁾.

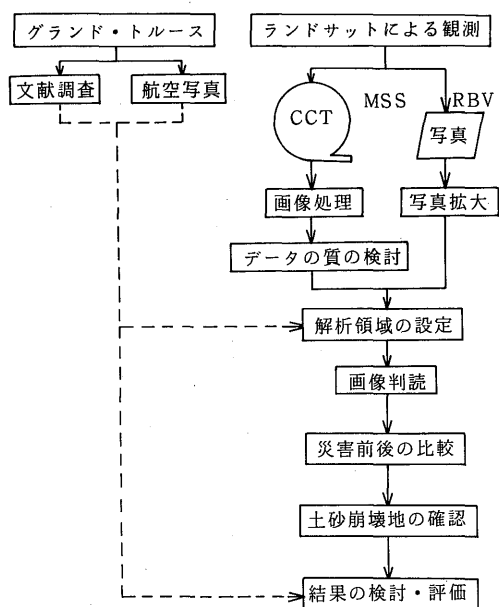


Fig. 5 Flow chart for analysis of the disaster in Nagasaki.

Table 3 Landsat data for analysis of the disaster in Nagasaki.

センサ	MSS		RBV	
	災害前	災害後	災害前	災害後
観測日	1979. 8. 8	1982. 8. 1	1982. 6. 25	1982. 7. 31
パス・ロウ	122-37		121-37C	
データ	CCT		白黒写真	

1981の両年はなし)を用いた。RBVデータは単バンドのためMSSほど制約を受けず、被災のほぼ1か月前の1982年6月25日に撮られたものである。

解析領域の設定および解析結果の検討・評価のため、グランド・トルースを実施しておく必要がある。ここでは文献調査と航空写真の入手をグランド・トルースとし、現地調査は行っていない。

3. 2 グランド・トルース^{2),3)}

7月23日夕刻から降り始めた豪雨は長崎市を中心とした地域に集中し、死者・行方不明299人(長崎市内262人)という大惨事を招いたが、その9割近くが土石流、山崩れ、崖崩れなどの土砂崩壊によるものであった。これら土砂崩壊の発生個所は極めて多く、その実数は未だ明らかでないが4,457箇所(長崎県調べ)、災害復旧を要する箇所だけでも2,364箇所(長崎県警察本部調べ)に達するといわれている。

特に、長崎市とその北部に位置する時津、長与、多良見の3町とで、その7割近くが発生している。なかでも長崎市東長崎地区では、中小の溪流沿いにおびただしい数の大規模な土石流や山崩れが発生し、人的・物的被害は甚大なものであった。長崎市中央部では、本河内町奥山地区、鳴滝、西山木場などで山崩れが発生し多数の死者を出したが、崩壊箇所数は他の地区に比べて少なかった。長崎市南部は野母半島の付け根部から中央部にかけて土砂崩壊が多発し、特に土石流は東長崎地区に次いで多かった。長崎市北部および時津町、長与町では東長崎地区に比べると大規模な崩壊箇所は少なかったが、開発区域やその中に残された小高い山の周縁部に多数の山崩れ、崖崩れが広範囲に発生した。宅地に隣接した箇所での崩壊が多かったために、崩壊規模の割に死者・負傷者等の人的被害が大きかった。長崎市西部では土砂崩壊は長崎市および周辺町のなかでも最も少なく小規模の土石流が散見されるのみであった。

Fig. 6に長崎市における土砂崩壊発生個所の分布を示す(黒い帯状部分)。これらのうち、特に人的被害の大きかった4つの地区での土砂崩壊の状況は、次のとおりである。

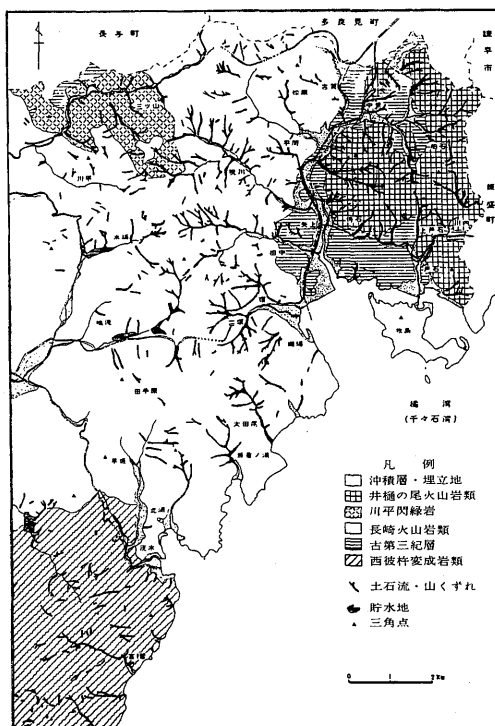


Fig. 6 Distribution of debris flows and slope failures occurred in Nagasaki⁴⁾.

芒塚町：23日20時00分頃、国道34号線が長さ80m、深さ20mにわたって崩壊、また国道上の山肌が崩れ、合わせて230,000m²の土石が住宅街へ流れ込んで、6世帯15人が生き埋め、30戸以上が埋まった。

奥山地区：21時15分頃、本河内高部水源地上の奥山地区で山腹が崩壊し、12世帯25人が押し寄せた土石流に呑み込まれた (Photo.1 参照)。

川平町：22時30分頃、上流にある2つの砂防ダムが一部損壊、またこれらダムに挟まれた個所で山崩れが発生し、土石流となって民家19戸を呑み込み、33人が生き埋めとなったり近くの川に流された。

鳴滝町：23時30分頃、鳴滝町3丁目の斜面で発生した土石流により、斜面上の民家9戸が押し流され、住民24人が近くの川に呑まれた。

Fig.7は山崩れ、崖崩れなどの斜面崩壊が発生した時間と累積雨量の関係を示すもので、斜面崩壊は累積雨量が150mm前後となったとき発生し始めていることがわかる。この結果は従来の、たとえば南九州しらす地帯での斜面崩壊がほぼこの累積雨量の値となったとき発生していることと合致して、興味深い。

3. 3 ランドサット・データの画像判読

Photo.2は1982年8月1日観測のMSSデータ (CCT)を画像処理装置にかけ、長崎市周辺を出力したものである。この画像はフォールスカラー合成画像といわれるが、赤色の部分が植生地、青白色のそれが市街化域に相当し、白色部分は雲である。写真に見られるように、陸域の半分近くが雲に覆われており、特に

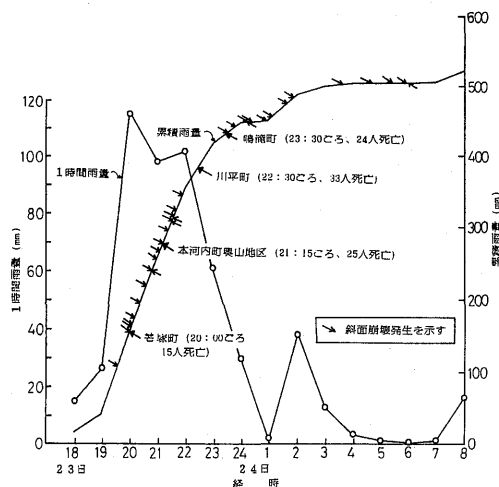


Fig. 7 Relationship between accumulated rainfall and the time when slope failure occurred.

大規模な土砂崩壊の起った本河内町奥山地区、鳴滝町等はほとんど見えていない。

そこで、最も土砂崩壊の多かった東長崎地区のうち、雲のかかっている太田尾周辺 (Photo.2において四角の枠内)を拡大抽出した。結果はPhoto.3のとおりである。これに対応して1979年8月8日に観測された同一個所の画像をPhoto.4に示す。災害後のPhoto.3において白色帯状の部分 (輝度の高い白色の塊は雲)は、災害前のPhoto.4においては赤色をした周囲の植生地と境界が明瞭でない。この差異は、災害前に植生に覆われていた溪流が豪雨時に最上流部で発生した土石流に洗われ山肌が露出したためと判断される。Fig.6の土砂崩壊地分布図で検証しても、この判断結果に間違いはない。したがって、Photo.3の白色帯状の部分は土石流の跡と断定でき、本例はランドサットのMSSにより土石流の跡地が見事に捉えられていた事例といえる。

Photo.5,6はそれぞれ1982年7月31日と同年6月25日に観測された長崎市のRBV画像である。両画像を比較して、Photo.5で丸印を付した部分はPhoto.6では存在していないことが認められる。Photo.5が災害後、Photo.6が災害前の画像であり、その間災害を挟んで40日程の時日しか経過していないことを考慮すれば、この変化は災害時に起ったものと断定してよい。さらに、RBV画像においては山林等の植生地は黒っぽく映るが、上記の変化はこの黒っぽい部分の縁端部で生じており、山腹や溪流に発生した土砂崩壊の跡地と判断される。ちなみに、Photo.5をFig.6と比較すれば、Photo.5で丸印を付した個所は、Aが芒塚、Bが奥山、Cが川平の各地区にそれぞれ対応することがわかる。特に、奥山地区についてはPhoto.5のRBV画像は、Photo.1に示す斜め航空写真と土砂崩壊地の形態が一致して興味をひく。

このように、土砂崩壊の跡地は、ランドサットのMSSあるいはRBV画像を用いて災害前後の変化を調べるにより、その確認が可能である。

4. 熊本冠水災害の調査

4. 1 調査方法

熊本の冠水災害については、ランドサット・データのデジタル解析により冠水地の分布とその面積を求める。デジタル解析はCCTをコンピュータにかけ多変量解析を行う方法である。CCTにはMSSのそれを用いた。

解析手順をFig.8に示す。①CCTを画像処理装置

にかけ、②データの質を検討するとともに解析対象領域を設定する。③その領域内で二値分類のための教師(冠水地であることが明白なエリア)を選定し、サンプルデータの統計値を求めておく。④二値分類により教師と同じ統計値を持つ点をさがして冠水分布を調べ、その面積を計算する。

解析に用いたランドサット・データは Table 4 のとおりである。観測は被災後1週間目の1982年7月31日

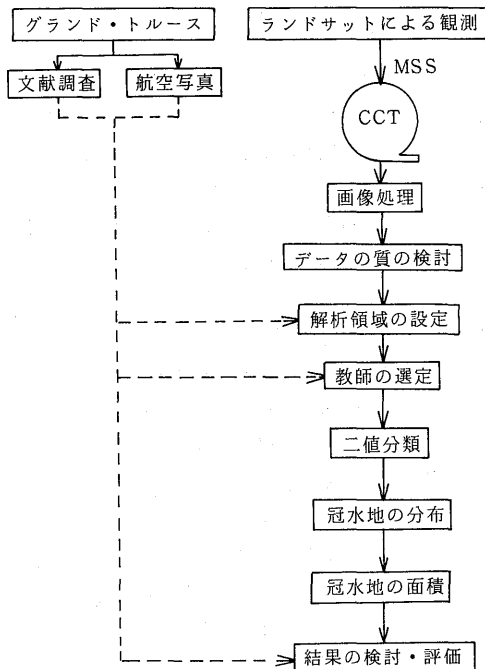


Fig. 8 Flow chart for analysis of the disaster in Kumamoto.

で、CCTの他にカラー合成写真を補助的に用いた。解析対象の地点として菊池川と緑川の両流域を選んだが、両地とも今回の大雨による冠水が県内で最も著しかった個所である。この解析領域の設定、教師の選定および解析結果の検討・評価にはグランド・トルースが必要であり、ここでは文献調査と航空写真の入手を実施した。現地調査は行っていない。

4. 2 グランド・トルース⁵⁾

Table 5 は建設省九州地方建設局が直かつする九州内20河川のうち、今回の大雨で計画高水位を越えた水系の水文記録である。これらのうち、7月11日から25日までの球磨川、緑川および菊池川における流域平均雨量は1,000mm以上を記録した。これは年間降雨量の40~50%に相当する。また、短時間の降雨記録としては、菊池川の立門で時間雨量74mm、3時間連続雨量165mm、川内川の万年青平でそれぞれ63mm、172mmである。一方、最大日雨量は全般的に23~24日に集中し、川内川、球磨川、緑川の各主要観測所において300mmを越えた。

九州の一級水系直かつ区間において、九州全般にわ

Table 4 Landsat data for analysis of the disaster in Kumamoto.

セ ン サ	M S S
観 測 日	1982. 7. 31
バ ス ー ロ ウ	121-37
デ ー タ	C C T (カラー合成写真)

Table 5 Hydraulic records of main rivers in Kyushu (23rd to 25th July, 1982).

水 系 名	河 川 名	観測所名	計画高 水 位 (m)	今回最高水位(m)		対 象 雨 量 観 測 所 降 雨 状 況								流域平均雨量(mm)	
				月／日 一 時	水位	観測所名	日 雨 量 (mm)				最大時間雨量 (mm)	最大3時間雨 量 (mm)	7月11日 7月25日	7月23日 7月25日	
							23日	24日	25日	計					
川 内 川	川内川	湯之尾	3.90	7/14:30	5.42	万年青平	71	371	30	472	7/25-6 h 63	7/24-20~23 h 172	777	298	
球 磨 川	球磨川	人 吉	4.07	7/7:00	4.60 (痕)	多良木	55	308	30	393	7/24-20 h 45	7/24-17~20 h 85	1,230	401	
緑 川	加勢川	大六橋	4.74	7/7:00	4.87	津 森	136	299	8	443	7/24-6 h 45	7/24-10~13 h 99	1,217	411	
菊 池 川	菊池川	山 鹿	6.76	7/11:10	6.90	立 門	273	163	19	455	7/25-7 h 74	7/24-5~8 h 165	1,015	398	
	合志川	佐 野	3.17	7/7:30	3.49	平真城	157	211	2	370	7/25-6 h 51	7/25-4~7 h 82			
六 角 川	六角川	潮見橋	4.51	7/1:00	5.15	矢 筈	2	230	3	235	7/25-19 h 48	7/25-17~20 h 115	769	244	
松 浦 川	巖木川	中島橋	2.38	7/8:00	3.92	広 川	1	284	20	305	7/25-8 h 46	7/25-5~8 h 119	841	276	

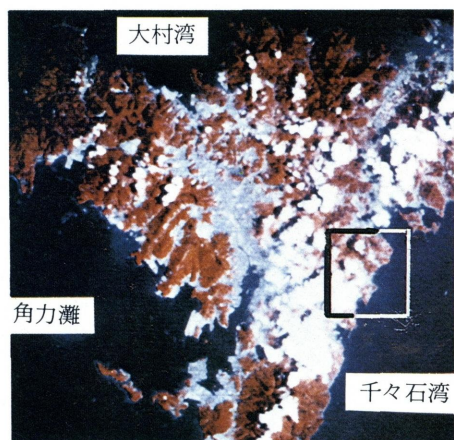


Photo. 2 Landsat MSS imagery of Nagasaki city, observed on 1st August, 1982.

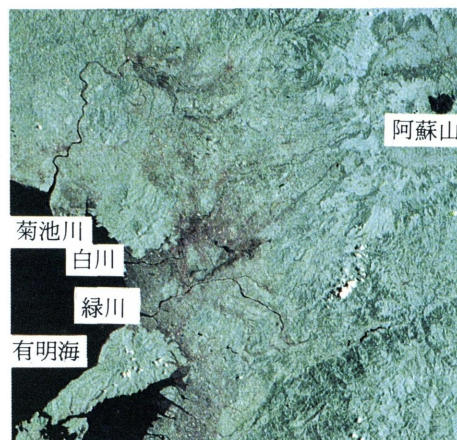


Photo. 8 Landsat MSS imagery of Kumamoto, observed on 31st July, 1982.

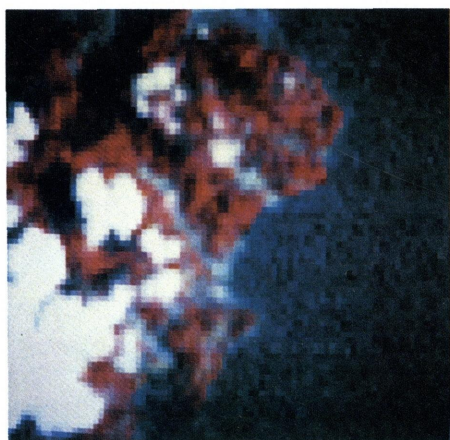


Photo. 3 Magnified MSS imagery of the area outlined with solid line on Photo. 2.

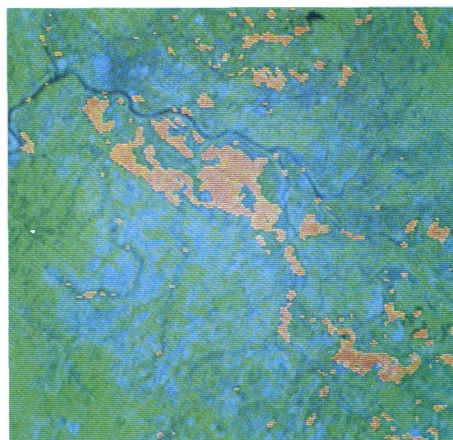


Photo. 10 Classification map showing flooded zones in the Kikuchi basin.

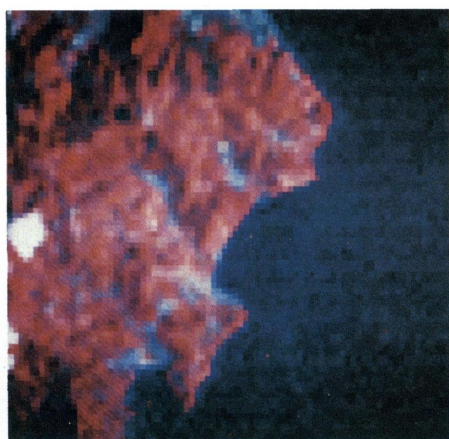


Photo. 4 Landsat MSS imagery of the area outlined with solid line on Photo. 2, observed on 8th August, 1979.

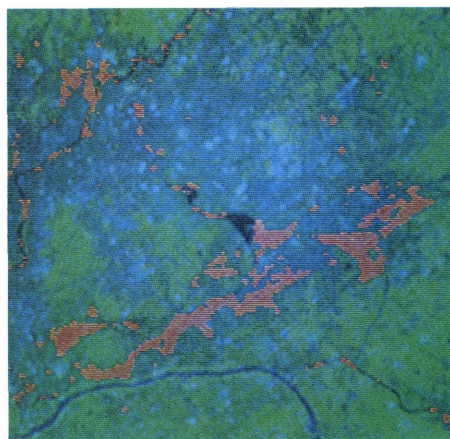


Photo. 12 Classification map showing flooded zones in the Midori basin.



Photo. 1 Oblique aerial photograph of slope failure occurred at Okuyama district in Nagasaki city.

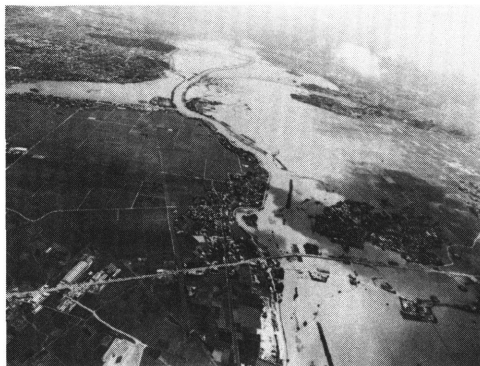


Photo. 7 Oblique aerial photograph of flooded zones in the Midori basin.

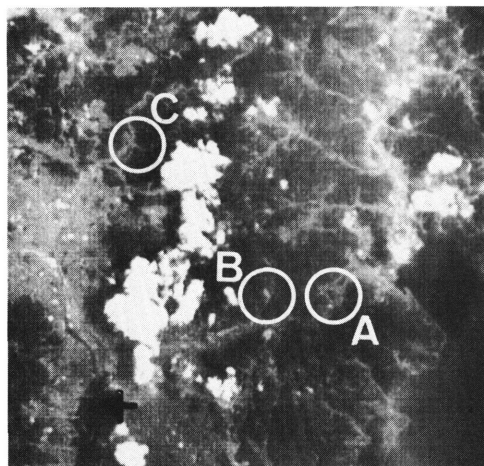


Photo. 5 Landsat RBV imagery of Nagasaki city, observed on 31st July, 1982.

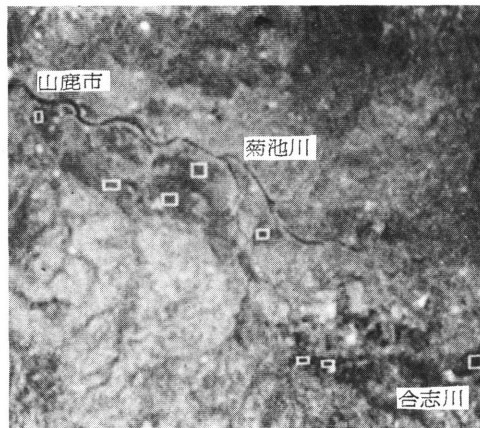


Photo. 9 Sample areas for binary classification of the Kikuchi basin.

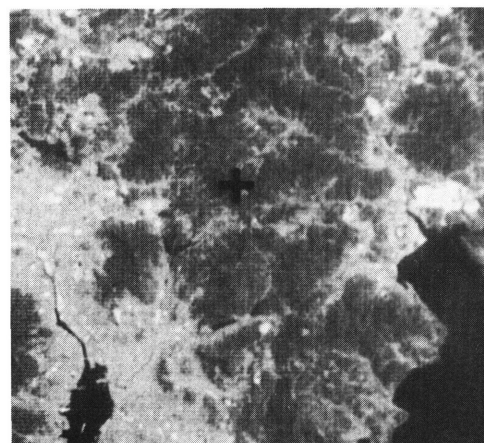


Photo. 6 Landsat RBV imagery of Nagasaki city, observed on 25th June, 1982.

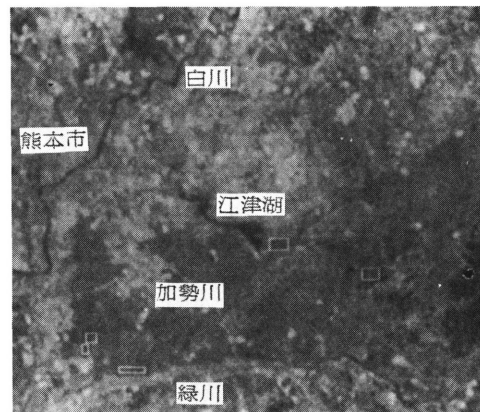


Photo. 11 Sample areas for binary classification of the Midori basin.

たる豪雨のために20水系中17水系で警戒水位を越えた。この結果、7月23日から25日にかけて出水し、15水系で被害が発生した。これら水系の破堤、いっ水、浸水および田畑冠水の概要は Table 6 のとおりである。特に、本調査で対象とする菊池川、緑川の両水系では被害が大きく、菊池川で浸水面積2,800ha、床下・床上浸水3,771戸、田畑冠水4,575ha、緑川（白川を含む）でそれぞれ7,000ha、21,268戸、656haである。Fig. 9に菊池川の氾らん状況、Photo. 7に緑川の氾らん後の斜め航空写真を示す。

4. 3 ランドサット・データのデジタル解析

Photo. 8は1982年7月31日に観測された熊本地方のナチュラルカラー合成画像である。この種画像においては水域は黒っぽく映るが、本調査で対象とする菊池川、緑川の両流域だけでなく、阿蘇の噴火口も冠水しており、その色の濃さから完全冠水と認められる。

菊池川流域について、教師すなわち冠水地であることが明白なエリアを Photo. 9 のように選定した。四角の枠内がそれである。これら教師の統計値を Table 7

に示す。しきい値を3.0として教師と同じ統計値を持つ個所を二値分類によりさがせば、結果は Photo. 10 のようになる。これはナチュラルカラー合成画像の上に二値分類の結果を重ね合わせたもので、ピンク色の部分が冠水地と判定される個所である。冠水地は菊池川と支流の合志川に沿って広く分布しており、Fig. 9の氾らん図で検証してこの結果に誤りはないと判断される。ただし、Fig. 9が氾らん区域をすべて表示しているのに対して、Photo. 10では観測が冠水後約1週間経過した7月31日であり水がある程度退いていることを斟酌する必要がある。Photo. 10の解析領域は58,624ピクセル、うち冠水地は3,611ピクセルである。ここに、1ピクセルは57m×57mの面積を持つ。したがって、冠水地の面積は解析領域の6.2%、11.7km²と計算される。

緑川流域について、選定した教師エリアを Photo. 11に示す(四角の枠内)。菊池川流域と同様に、これら教師と同じ統計値を持つ個所を二値分類により求めた。結果は Photo. 12 のとおりである。ただし、しきい値は2.5としている。ピンク色で表示される冠水地は緑川支

Table 6 Damage due to floods on 23rd to 25th July, 1982.

水系名	破堤	いっ水			浸 水			田 畑 冠 水 (ha)
	個所	個所	個所	面積 (ha)	床上浸水 (戸)	床下浸水 (戸)		
遠賀川								4ヶ所
山国川			1	5				
大分川			3	15	355	595	1,288	
大野川								
番匠川								
五ヶ瀬川								
小丸川			10	150	52	212	175	
大淀川			30	300	10	133	519	
肝属川								
川内川			50	1,100	105	197	1,674	
球磨川		2	40	270	860	657	41	
緑 川			20	7,000	4,971	16,297	656	
白 川								
菊池川		7	70	2,800	1,207	2,564	4,575	
矢部川		2	4	500	12	324	178	
筑後川		5	200	4,400	244	3,668	2,418	
嘉瀬川			5	160	95	3,330	2,426	
六角川	1	2	30	4,800	332	1,628	3,469	
松浦川	2	4	40	1,100	133	519	453	
本明川		2	6	1,800	790	856	1,207	

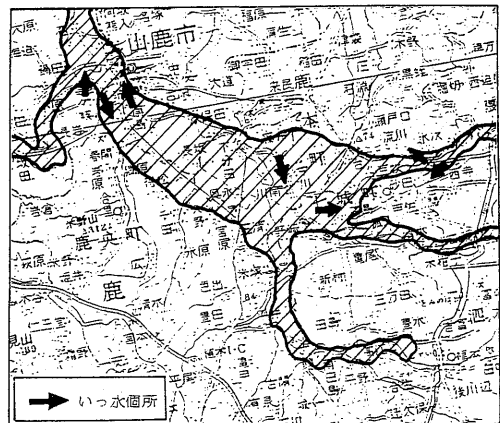


Fig. 9 Flooded zones in the Kikuchi basin.

Table 7 Correlation matrix, mean value and standard deviation of sample data, case of the Kikuchi basin.

	相関マトリクス				平均値	標準偏差
	バンド4	バンド5	バンド6	バンド7		
バンド4	1.0000				26.11	1.42
バンド5	0.6945	1.0000			19.66	1.98
バンド6	0.1916	0.1704	1.0000		31.28	2.70
バンド7	0.0891	0.0076	0.8173	1.0000	23.24	2.77

流の加勢川に沿って分布し、江津湖の南端付近にも冠水地を認めることができる。解析に用いたランドサット・データは7月31日に観測されているが、Photo. 7の斜め航空写真はこれより少し前に撮影されたものである。この観測時期の差異を考慮するとき、Photo. 12の解析結果はPhoto. 7とかなり良く一致することがわかる。

5. 結 語

本文は昭和57年7月豪雨による長崎の土砂災害と熊本の冠水災害とを、ランドサット・データにより調査したものである。

長崎の土砂災害については、上記データのアナログ解析すなわち画像判読により、土石流および斜面崩壊地を確認することができた。これら土砂崩壊地の確認に当たっては、分解能の低さを考慮して災害前後のMSSあるいはRBV画像の比較によっている。この経験から、ランドサット・データを用いて土砂崩壊地を確認するには、災害後のデータのみによらず、災害直前かあるいは時日を逆上っても時期を同じくするデータとの比較により、地物の変化を調べて行った方がよいようである。勿論、分解能の高い地球観測衛星（たとえば分解能が10mのSPOT衛星など）によるデータについてはこの限りでなく、災害後のデータのみで確認できると推定される。

熊本の冠水災害では、災害後のMSSデータ（CCT）をデジタル解析して、冠水地の分布とその面積を求めることに成功した。グランド・トルースにより確実に冠水地と認められる個所を教師として二値分類によったため、しきい値を一定とせず試行錯誤により各流域に妥当な値を決定した。冠水地はMSSのカラー合成画像においては水域と同じく黒っぽく映るため、画像判読によってもある程度はその分布を調べることができる。しかし、これは今回示した阿蘇噴火口のように、完全に冠水しかつ周囲の地物と明確に識別し得るような場合にのみ有効であって一般的でない。また、面積を求めることも難しい。したがって、冠水地の分布と面積を求めるには、画像判読によるのではなく、CCTのデジタル解析を用いて行うべきである。たとえば中国の洪水では、画像判読によって冠水地の確認を行い得るものが確かにある。しかし、この例は大洪水によるものであって、冠水幅も数十kmに及ぶ程の広さである。これに対して、我が国では急峻な地形のためこのような大洪水の起ることは滅多になく、地物のきめの細かさからやはりデジタル解析によるべきと

結論される。

今回長崎災害で行った土砂崩壊地の確認は数個所に過ぎない。これは災害後1週間目の1982年7月31日と8月1日の観測が雲の存在によりかなり阻まれたため、RBVはともかくMSSにあっては陸域の大部分が雲に覆われる結果となった。土砂崩壊地は冠水地と違って時日の経過によらずあまり変化しない（たとえば奥山地区の斜面崩壊は本年4月末現在でも災害当時のままである）。解析に用いたデータの観測以来、ランドサットによる長崎の観測は3号、4号あわせて幾度か成功しているようである。これらデータについても今回と同様の解析を行って、本土砂災害の調査を続行したい。

熊本災害については、特に菊池川流域で田畑冠水が著しい。うち水田の冠水は稲作収量を左右するものである。ランドサット3号、4号により熊本の観測はその後も行われており、雲に阻まれることなく成功した観測例があるため、長崎災害と同じくこれを解析して追跡調査を試みていく所存である。

謝 辞

本研究に用いたランドサット・データは、宇宙開発事業団地球観測センターにより観測されたものであり、ここに記して深甚の謝意を表する次第である。また、CCTのデジタル解析に当っては、上記地球観測センターの福田 徹、日本造船振興財団研究調査部の岡崎修平の両氏にお世話になった。さらに、本文中の斜め航空写真は、国際航業(株)九州本社およびアジア航測(株)長崎営業所の提供によるものである。併せて心から御礼申し上げたい。

参考文献

- 1) 宇宙開発事業団地球観測センター：地球観測データ利用ハンドブック，リモート・センシング技術センター，1982。
- 2) 福岡管区气象台：災害時気象調査報告，昭和57年7月23日から25日にかけての梅雨前線による九州及び山口県地方の大雨，56p.，1982。8。
- 3) 伊勢田哲也・落合英俊・棚橋由彦：土砂崩壊の実態と降雨特性，昭和57年7月豪雨による災害の調査報告書，pp. 59～71，1982。11。
- 4) 鎌田泰彦・松岡数充・近藤 寛：地質的条件からみた災害の特性，同上，pp. 37～52。
- 5) 建設省九州地方建設局：昭和57年7月豪雨による出水の概要，35p.，1982。8。